

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年2月2日(02.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/018132 A1

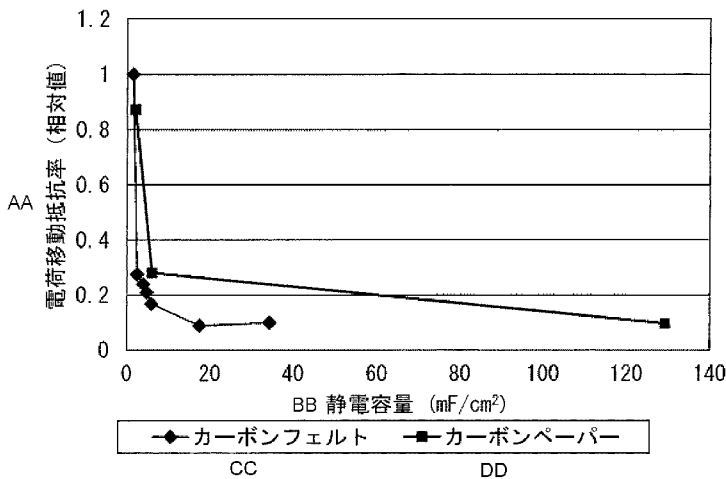
- (51) 国際特許分類:
H01M 4/86 (2006.01) H01M 8/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/069784
- (22) 国際出願日: 2016年7月4日(04.07.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-146558 2015年7月24日(24.07.2015) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 伊藤 賢一 (ITO, Kenichi); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 中田 元己, 外 (NAKATA, Motomi et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: REDOX FLOW BATTERY ELECTRODE, REDOX FLOX BATTERY, AND METHOD FOR EVALUATING ELECTRODE PROPERTIES

(54) 発明の名称: レドックスフロー電池用電極、レドックスフロー電池、及び電極の特性評価方法



AA Charge transfer resistivity (relative value)
 BB Static electricity capacity (mF/cm²)
 CC Carbon felt
 DD Carbon paper

(57) Abstract: Provided is a redox flow battery electrode that is used in a redox flow battery in which the battery reaction is carried out using an electrolyte containing an active substance. The redox flow battery electrode has an electrostatic capacity exceeding 0.01 F/g. It is preferable for the charge transfer resistivity of the redox flow battery electrode to be 1 Ω·cm² or less. It is preferable for the density of the redox flow battery electrode to be 0.05-1.5 g/cm³.

(57) 要約: 活物質を含む電解液を用いて電池反応を行うレドックスフロー電池に用いられるレドックスフロー電池用電極であって、静電容量が0.01 F/g超であるレドックスフロー電池用電極。前記レドックスフロー電池用電極の電荷移動抵抗率は、1 Ω·cm²以下であることが好ましい。前記レドックスフロー電池用電極の密度は、0.05 g/cm³以上1.5 g/cm³以下であることが好ましい。



WO 2017/018132 A1

明 細 書

発明の名称：

レドックスフロー電池用電極、レドックスフロー電池、及び電極の特性評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、レドックスフロー電池用電極、レドックスフロー電池、及び電極の特性評価方法に関するものである。

本出願は、2015年7月24日出願の日本出願第2015-146558号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

背景技術

[0002] レドックスフロー電池（以下、RF電池と呼ぶことがある）は、代表的には、正極電解液が供給される正極電極と、負極電解液が供給される負極電極と、両極の電極間に介在される隔膜とを備える電池セルを主な構成要素とする。正極電極、負極電極にはカーボンフェルトといった開気孔を有する多孔体（特許文献1）が利用されている。

また、従来、電極の比表面積を測定する方法として、BET法といったガス吸着法が汎用されている（特許文献1、段落[0036]に類似技術を開示）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-065530号公報

発明の概要

[0004] 本発明の一態様に係る電極の特性評価方法は、活物質を含む電解液を備える蓄電池に利用される電極の特性を評価する方法であって、活物質を含まないイオン溶液に試料とする電極を浸漬して、前記試料の静電容量を測定する工程を備える。

[0005] 本発明の一態様に係るレドックスフロー電池用電極は、活物質を含む電解液を用いて電池反応を行うレドックスフロー電池に用いられるものであって、静電容量が0.01F/g超である。

[0006] 本発明の一態様に係るレドックスフロー電池は、本発明の一態様に係るレドックスフロー電池用電極を備える。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]試験例1で測定した静電容量と電荷移動抵抗率との関係を示すグラフである。

[図2]試験例1で測定した静電容量と電荷移動抵抗率との関係を示すグラフであって、一部の試料を抜粋して示す。

[図3]実施形態1のレドックスフロー電池を備えるレドックスフロー電池システムの基本構成と、基本的な動作原理とを示す説明図である。

[図4]実施形態1のレドックスフロー電池に備えるセルスタックの一例を示す概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0008] 蓄電池の一つに、電解液を電極に供給して電池反応を行うRF電池がある。RF電池は、(1)メガワット級(MW級)の大容量化が容易である、(2)長寿命である、(3)電池の充電状態(SOC: State of Charge)を正確に監視可能である、(4)電池出力と電池容量とを独立して設計できて設計の自由度が高い、等の特徴を有しており、電力システムの安定化用途の蓄電池に適すると期待される。

[0009] RF電池などの蓄電池の要求特性として、内部抵抗が低く、電池反応性に優れることが挙げられる。例えば、比表面積が大きい電極を用いることにより、この要求特性を満たすことができる。

[0010] [本開示が解決しようとする課題]

BET法といったガス吸着法による測定試験は破壊試験である。そのため、非破壊でより簡便に電極の特性評価を行えることが望まれる。

[0011] また、上述のガス吸着法では、測定試料が電解液などのイオン溶液に浸さ

れた電極であると比表面積を精度よく測定できないとの知見を得た。この理由の一つとして電極にイオンが付着したことなどが考えられる。そのため、電解液を備える蓄電池に利用される電極のように、イオン溶液に浸された電極であっても特性評価を精度よく行えることが望まれる。

[0012] 簡便にかつ精度よく電極の特性を評価できれば、その評価に基づいて、R F電池などの蓄電池の電池特性の良否を容易に判定でき、電池反応性に優れるR F電池を提供できる。

[0013] そこで、上述の事情を鑑みて、蓄電池に利用される電極の特性を簡便にかつ精度よく評価できる電極の特性評価方法を提供することを目的とする。

[0014] さらに、内部抵抗が低く、電池反応性に優れるレドックスフロー電池、及び内部抵抗が低く、電池反応性に優れるレドックスフロー電池を構築できるレドックスフロー電池用電極を提供することを別の目的とする。

[0015] [本開示の効果]

本開示の電極の特性評価方法によれば、蓄電池に利用される電極の特性を簡便にかつ精度よく評価できる。

[0016] 本開示のレドックスフロー電池用電極を備えることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れるレドックスフロー電池を構築できる。本開示のレドックスフロー電池は、内部抵抗が低く、電池反応性に優れる。

[0017] [本発明の実施の形態の説明]

本発明者らは、電解液を備える蓄電池に利用される多孔体の電極について、その特性を簡便に評価でき、更に電解液といったイオン溶液に浸された後であっても、電極の特性を精度よく評価可能な方法を検討した。比表面積では簡便に測定できず、かつ高精度に測定できない場合があるため、比表面積以外の性能パラメータを検討した。そして、種々の方法で、容易にかつ高精度に測定可能な静電容量に着目した。

[0018] その結果、本発明者らは、静電容量が大きくなるほど、電荷移動抵抗率が低下するという相関があることを見出した。

[0019] 電荷移動抵抗率が低い電極を、電解液を備える蓄電池に利用した場合、内

部抵抗が低くなり、電池反応を行い易い蓄電池を構築できるといえる。このことから、静電容量の大小を蓄電池に利用される電極の特性の良否判定に利用できるといえる。また、静電容量は、蓄電池に利用される電極の性能パラメータとして従来着目されていなかった新たなパラメータといえる。本発明は、これらの知見に基づくものである。最初に本発明の実施形態の内容を列記して説明する。

[0020] (1) 本発明の一態様に係る電極の特性評価方法は、活物質を含む電解液を備える蓄電池に利用される電極の特性を評価する方法であって、活物質を含まないイオン溶液に試料とする電極を浸漬して、前記試料の静電容量を測定する工程を備える。

[0021] 前記電極の特性評価方法は、蓄電池に利用される電極自体を試料とするものの、電極の性能パラメータである静電容量を非破壊で測定できる。かつ、静電容量はBET法などのガス吸着法と異なり、高精度に測定可能である。そして、測定した静電容量の大小に応じて、電極の特性の良否を容易に判定できる。静電容量が大きいほど電荷移動抵抗率が低いため（詳細は後述する）、良品と判定できる。従って、前記電極の特性評価方法は、電極の特性パラメータを容易にかつ高精度に測定できる上に、電極の良否の判定を容易に行える。

[0022] (2) 本発明の一態様に係るレドックスフロー電池（RF電池）用電極は活物質を含む電解液を用いて電池反応を行うRF電池に用いられるものであり、静電容量が0.01F/g超である。

[0023] 前記RF電池用電極の静電容量が大きいと、この電極を備えることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れるRF電池を構築できる。

[0024] (3) 前記RF電池用電極の一例として、電荷移動抵抗率が $1\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である形態が挙げられる。

[0025] 前記RF電池用電極の電荷移動抵抗率が低いため、この電極を備えることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れるRF電池を構築できる。

[0026] (4) 前記RF電池用電極の一例として、密度が $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 以上1.

5 g / c m³以下である形態が挙げられる。

[0027] 前記 R F 電池用電極を備えることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れた R F 電池を構築できる上に、前記 R F 電池用電極の密度が特定の範囲を満たすため、この R F 電池は、電極の密度が高過ぎることに起因する電解液の圧力損失の増大や電極を構成する繊維などによる隔膜損傷を抑制できる。また、この R F 電池は、電極の密度が低過ぎることに起因する電気抵抗の増大を抑制できる。

[0028] (5) 前記 R F 電池用電極の一例として、目付量が 50 g / m²以上 300 g / m²以下である形態が挙げられる。

[0029] 電極の目付量の大小は、電極の密度の大小に影響を及ぼす。上記形態の R F 電池用電極を備えることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れた R F 電池を構築できる上に、この R F 電池は、目付量が特定の範囲を満たす上記形態の R F 電池用電極を備えるため、密度が適切な範囲になり易く、上述の (4) で説明した密度の過大及び過小に起因する不具合を低減できる。

[0030] (6) 本発明の一態様に係るレドックスフロー電池 (R F 電池) は、(2) ~ (5) のいずれか一つに記載の R F 電池用電極を備える。

[0031] 前記 R F 電池は、静電容量が大きい前記 R F 電池用電極を備えることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れる。

[0032] (7) 前記 R F 電池の一例として、前記レドックスフロー電池用電極が配置される双極板と、前記双極板の外周に形成される枠体を備えるフレームアッシーを備え、前記枠体の段差が 0.2 mm 以上 1.0 mm 以下である形態が挙げられる。枠体の段差とは、枠体の表面 (又は裏面) と、双極板の表面 (又は裏面) との間に設けられる段差である。前記 R F 電池は、この段差部分に電極が配置される。

[0033] 上記形態では、内部抵抗が低く、電池反応性に優れた上に、枠体の段差が特定の範囲であるため、段差部分に配置される電極の厚さをこの段差の範囲に規制できる。その結果、上記形態は、電極の厚さがある程度薄いことで電極全域に電解液が良好に拡散できて電気抵抗の増大を抑制できると共に、電

極の厚さがある程度厚いことで、電極の反応面積を確保し易い上に、枠体の厚さによる電極の厚さ制御を行い易い。

[0034] [本発明の実施形態の詳細]

以下、図面を適宜参照して、本発明の実施形態に係るレドックスフロー電池（RF電池）、RF電池用電極、本発明の実施形態に係る電極の特性評価方法を詳細に説明する。図中、同一符号は同一名称物を示す。

[0035] [実施形態1]

図3、図4を参照して、実施形態1のRF電池1を備えるRF電池システムの基本構成を説明し、次にRF電池1に備える実施形態1のRF電池用電極10（以下、電極10と呼ぶことがある）をより詳細に説明する。図3において正極タンク106内及び負極タンク107内に示すイオンは、各極の電解液中に含むイオン種の一例である。図3において実線矢印は充電、破線矢印は放電を意味する。

[0036] (RF電池の概要)

実施形態1のRF電池1は、図3に示されるようなRF電池1に電解液を循環供給する循環機構が設けられたRF電池システムを構築して利用される。RF電池1は、代表的には、交流／直流変換器200や変電設備210などを介して、発電部300と、電力系統や需要家などの負荷400とに接続される。RF電池1は、発電部300を電力供給源として充電を行い、負荷400を電力提供対象として放電を行う。発電部300としては、例えば、太陽光発電機、風力発電機、その他一般の発電所などが挙げられる。

[0037] (RF電池の基本構成)

RF電池1は、正極電解液が供給される正極電極10cと、負極電解液が供給される負極電極10aと、正極電極10cと負極電極10a間に介在される隔膜11とを備える電池セル100を主な構成要素とする。代表的には、RF電池1は複数の電池セル100を備え、隣り合う電池セル100、100間に双極板12を備える（図4）。

[0038] RF電池用電極10には、活物質を含む電解液が供給される。RF電池用

電極 10 は、電解液中の活物質（イオン）が電池反応を行う反応場であり、電解液を流通できるように多孔体から構成される。実施形態 1 の RF 電池用電極 10 の特徴の一つは、後述するようにその静電容量が特定の範囲を満たすことである。実施形態 1 の RF 電池 1 の特徴の一つは、静電容量が特定の範囲である電極 10 を備えることである。

隔膜 11 は、正極電極 10c と負極電極 10a を分離する分離部材であると共に、所定のイオンが透過する部材である。

双極板 12 は、正極電極 10c と負極電極 10a に挟まれる平板状の部材であり、電流を流すが電解液を通さない導電性部材である。

[0039] 双極板 12 は、代表的には、図 4 に示されるように双極板 12 の外周に形成された枠体 150 を備えるフレームアッシー 15 の状態で利用される。枠体 150 は、その表面と裏面に開口し、双極板 12 上に配置された電極 10 に電解液を供給する給液孔 152c, 152a 及び電解液を排出する排液孔 154c, 154a を有する。電極 10 は、枠体 150 の表面又は裏面と、双極板 12 の表面又は裏面との間に設けられる段差部分に配置される。詳しくは、電極 10 は、双極板 12 を底面とし、枠体 150 の内周壁を壁面とする凹部に配置される。枠体 150 の段差 t_{150} （段差部分の厚さ）は、電極 10 の厚さ t_{10} を規制するため、後述する特定の範囲を満たすことが好ましい。

[0040] 複数の電池セル 100 は積層されて、セルスタックと呼ばれる形態で利用される。セルスタックは、図 4 に示すように、あるフレームアッシー 15 の双極板 12、正極電極 10c、隔膜 11、負極電極 10a、別のフレームアッシー 15 の双極板 12、…と順に繰り返して積層されて構成される。RF 電池 1 が大容量用途などである場合には、所定数の電池セル 100 をサブセルスタックとし、複数のサブセルスタックを積層して備える形態で利用される。図 4 は、複数のサブセルスタックを備える例を示す。サブセルスタックやセルスタックにおける電池セル 100 の積層方向の両端に位置する電極 10 には、双極板 12 に代えて集電板（図示せず）が配置される。セルスタック

における電池セル100の積層方向の両端には代表的にはエンドプレート170が配置されて、一对のエンドプレート170、170が長ボルトなどの連結部材172で連結されて一体化される。

[0041] (RF電池システムの概要)

RF電池システムは、RF電池1と、以下の循環機構とを備える。循環機構は、正極電極10cに循環供給される正極電解液を貯留する正極タンク106と、負極電極10aに循環供給される負極電解液を貯留する負極タンク107と、正極タンク106とRF電池1とを接続する配管108、110と、負極タンク107とRF電池1とを接続する配管109、111と、上流側(供給側)の配管108、109に設けられたポンプ112、113とを備える。複数のフレームアッシー15を積層することで給液孔152c、152a及び排液孔154c、154aは電解液の流通管路を構成し、この管路に配管108～111が接続される。

[0042] RF電池システムは、正極タンク106及び配管108、110を備える正極電解液の循環経路と、負極タンク107及び配管109、111を備える負極電解液の循環経路を利用して、正極電極10cに正極電解液を循環供給すると共に負極電極10aに負極電解液を循環供給する。この循環供給によって、RF電池1は、各極の電解液中の活物質となるイオンの価数変化反応に伴って充放電を行う。RF電池システムの基本構成には、公知の構成を適宜利用できる。

[0043] (電極)

・材質及び構造

電極10は、複数の開気孔を有する多孔体で構成される。多孔体としては、炭素繊維を主体とする炭素繊維集合体、炭素発泡体などの多孔質炭素材が挙げられる。炭素繊維集合体の具体例としては、カーボンフェルト、カーボンペーパー、カーボンクロスなどが挙げられる。多孔質炭素材は、カーボンブラックやカーボンナノチューブなどを含むことができ、これらを含むと、表面積の拡大などを図ることができる。炭素繊維の大きさ(繊維径)は、例

えば、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下程度である。

カーボンフェルトを利用すると、(a) 電解液に水溶液を用いた場合において充電時に酸素発生電位になっても酸素ガスが発生し難い、(b) 表面積が大きい、(c) 電解液の流通性に優れる、といった効果を奏する。

カーボンペーパーを利用すると、(α) 薄く小型な電池にし易い、(β) 導電性に優れる、といった効果を奏する。

[0044] ・物性

・ 静電容量 (性能パラメータ)

電極10の特徴の一つは、静電容量が大きいことである。具体的には、電極10の静電容量が $0.01\ \text{F/g}$ 超である。静電容量が大きいほど電荷移動抵抗率が小さく、ひいては内部抵抗が小さく、電池反応性に優れるRF電池1とすることができる。従って、静電容量は、 $0.05\ \text{F/g}$ 以上、更に $0.06\ \text{F/g}$ 以上、 $0.1\ \text{F/g}$ 以上、 $0.2\ \text{F/g}$ 以上が好ましい。

但し、静電容量が大き過ぎると電極10の比表面積が増加することがある。比表面積の増加は、空隙率の増加を招き、嵩密度が低下し易くなる結果、導電性が低下し易くなり、内部抵抗の増大を招き得る。この点から、静電容量は、 $70\ \text{F/g}$ 以下が好ましい。

上記の静電容量の範囲は電極10の質量に着目したものであり、電極10の二次元的な形状、三次元的な形状、大きさなどは問わない。

[0045] 一方、電極10の面積に着目すると、電極10の静電容量は、 $2\ \text{mF/cm}^2$ 超であることが好ましく、 $3\ \text{mF/cm}^2$ 以上、更に $4\ \text{mF/cm}^2$ 以上、 $5\ \text{mF/cm}^2$ 以上であることがより好ましい。例えば、電極10の目付量が $300\ \text{g/m}^2$ である場合、静電容量 $2\ \text{mF/cm}^2$ は約 $0.06\ \text{F/g}$ に相当する。

[0046] ・ 電荷移動抵抗率

電極10の静電容量が大きければ、電荷移動抵抗率は小さくなる。電荷移動抵抗率が小さいほど、内部抵抗が小さく、電池反応性に優れるRF電池1とすることができる。従って、電極10の電荷移動抵抗率は、 $1\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以

下であることが好ましく、更に $0.8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、 $0.7 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、 $0.6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であることがより好ましい。

[0047] ・ ・ 密度

電極10は、ある程度緻密であると反応面積を確保し易く、電気抵抗を低減できる。一方、電極10は、ある程度粗であると電解液を流通し易く、圧力損失（ポンプロス）を低減したり、電極10を構成する繊維などが隔膜11に突き刺さるなどして隔膜11を損傷することを抑制したりできる。電極10の密度が 0.05 g/cm^3 以上 1.5 g/cm^3 以下であれば、これらの効果が期待できる。密度が大きいほど、反応面積が大きくなって電気抵抗を低減できるので、電極10の密度は、 0.1 g/cm^3 以上、更に 0.3 g/cm^3 以上、 0.35 g/cm^3 以上であることが好ましい。密度が小さいほど、圧力損失の低減、隔膜11の損傷の低減などを図ることができるので、電極10の密度は、 1.0 g/cm^3 以下、更に 0.8 g/cm^3 以下であることが好ましい。なお、変形し易い材料で構成された電極10では、RF電池1に組み付けられて、上述のエンドプレート170、170に挟まれて所定の締め付けがなされると、体積や厚さ t_{10} （後述）が変化する可能性がある。従って、RF電池1に組み付ける前の電極10の密度や厚さ t_{10} が上記の特定の範囲又は後述の特定の範囲を満たすことが好ましい。

[0048] ・ ・ 厚さ

電極10の密度に応じて、電極10の厚さ t_{10} を調整することが好ましい。例えば、密度がある程度大きければ（例えば 0.1 g/cm^3 以上）、厚さ t_{10} が小さくても（薄くても）、例えば 0.5 mm 以下であっても反応面積を確保し易い。密度がある程度小さい場合（例えば 0.1 g/cm^3 未満である場合）には、厚さ t_{10} がある程度大きければ（厚ければ）、例えば 0.5 mm 超であれば反応面積を十分に確保できる。但し、電極10の厚さ t_{10} は上述のように変化することがあり、RF電池1に組み付けられた状態では上述の枠体150の段差 t_{150} に規制される。従って、枠体150の厚さ t_{150} と静電容量を考慮して、電極10の密度や厚さ t_{10} を調整するとよい。

[0049] ・ ・ 目付量

電極 10 の目付量が特定の範囲であると、電極 10 の密度が上述の適切な範囲を満たし易いことから、電極 10 の目付量は 50 g/m^2 以上 300 g/m^2 以下であることが好ましい。目付量が 50 g/m^2 以上であれば、適度に緻密で反応面積を確保し易く、目付量が 100 g/m^2 以上、更に 125 g/m^2 以上、 150 g/m^2 以上であることが好ましい。目付量が 300 g/m^2 以下であれば、適度に粗で電解液が流通し易く、目付量が 250 g/m^2 以下、更に 225 g/m^2 以下、 200 g/m^2 以下であることが好ましい。目付量が小さくても静電容量が大きければ、内部抵抗が小さく、電池反応性に優れた RF 電池 1 を構築できる。目付量が大きくても静電容量が小さい電極 10 であれば、厚さ t_{10} がある程度厚いことが好ましい。

[0050] ・ 製造

実施形態 1 の電極 10 は公知の製造方法を利用して製造可能である。但し、静電容量が上述の特定の範囲を満たすように、繊維径、密度や厚さ t_{10} 、目付量などを調整する。

[0051] (その他の RF 電池の構成部材)

・ フレームアッシー

・ ・ 双極板

双極板 12 は、電気抵抗が小さい導電性材料であって、電解液と反応せず、電解液に対する耐性（耐薬品性、耐酸性など）を有するもの、代表的には炭素材を含むもので構成される。例えば、炭素材と有機材とを含有する複合材料、より具体的には黒鉛などの導電性無機材（粉末や繊維など）とポリオレフィン系有機化合物や塩素化有機化合物などの有機材とを含む導電性プラスチックなどを板状に成形したものを利用できる。

[0052] ・ ・ 枠体

枠体 150 は、電解液に対する耐性、電気絶縁性に優れる樹脂などで構成される。枠体 150 における上述の段差 t_{150} は、双極板 12 に配置される電極 10 の厚さ t_{10} を規制する。静電容量、密度、目付量などにもよるが、段

差 t_{150} が 0.2 mm 以上 1.0 mm 以下であることが好ましい。枠体 150 の段差 t_{150} が 0.2 mm 以上であれば、電極 10 の反応面積を確保し易く、枠体 150 の段差 t_{150} に応じて電極 10 の厚さ t_{10} を制御し易い。従って、段差 t_{150} は 0.3 mm 以上、更に 0.4 mm 以上、 0.5 mm 以上とすることが好ましい。枠体 150 の段差 t_{150} が 1.0 mm 以下であれば、電極 10 の全域に亘って電解液が良好に拡散できて電解液の拡散性に優れ、電気抵抗の増大を抑制し易い。従って、段差 t_{150} は 0.9 mm 以下、更に 0.8 mm 以下、 0.7 mm 以下とすることが好ましい。

[0053] ・ 隔膜

隔膜 11 としては、例えば、陽イオン交換膜や陰イオン交換膜といったイオン交換膜が挙げられる。イオン交換膜は、(1) 正極活物質のイオンと負極活物質のイオンとの隔離性に優れる、(2) 電池セル 100 内での電荷担体である H^+ イオンの透過性に優れる、といった特性を有しており、隔膜 11 に好適に利用できる。隔膜 11 には、公知の隔膜を利用できる。

[0054] (電解液)

RF 電池 1 に利用する電解液は、金属イオンや非金属イオンなどの活物質イオンを含む。RF 電池 1 に利用する電解液としては、例えば、正極活物質及び負極活物質として価数の異なるバナジウム (V) イオン (図 3) を含む V 系電解液が挙げられる。その他の電解液として、正極活物質として鉄 (Fe) イオン、負極活物質としてクロム (Cr) イオンを含む Fe-Cr 系電解液、正極活物質としてマンガン (Mn) イオン、負極活物質としてチタン (Ti) イオンを含む Mn-Ti 系電解液などが挙げられる。電解液には、活物質に加えて、硫酸、リン酸、硝酸、塩酸から選択される少なくとも 1 種の酸又は酸塩を含む水溶液などを利用できる。

[0055] (効果)

実施形態 1 の RF 電池 1 は、静電容量が大きな実施形態 1 の電極 10 を備えるため、内部抵抗が低く、電池反応性に優れる。例えば、内部抵抗が、 $2\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、更に $1.5\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、 $1.3\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下の RF 電池

1とすることができる。この効果は、以下の試験例で具体的に説明する。

[0056] (電極の特性評価方法)

次に、実施形態1の電極の特性評価方法を説明する。

実施形態1の電極の特性評価方法は、活物質を含む電解液を備える蓄電池、例えば、上述の実施形態1のRF電池1などの蓄電池に利用される電極10について、その特性を評価する際に利用する。特に、実施形態1の電極の特性評価方法は、電極の特性の良否を判定するための性能パラメータとして静電容量を利用する。

実施形態1の電極の特性評価方法は、イオン溶液に試料とする電極を浸漬して、試料の静電容量を測定する工程を備える。測定した静電容量に応じて、試料の電極の良否を判定する。

[0057] ・イオン溶液

測定に利用するイオン溶液は、活物質を含まない。即ち、測定に利用するイオン溶液は、活物質イオンのような電池反応を行うイオンではなく、実質的に電池反応を行わないイオンを含む。特に、イオン水溶液とすると、簡便に用意できる。例えば、各種の酸、又は酸塩を利用したイオン溶液として、硫酸イオン、硝酸イオン、リン酸イオンなどの各種の酸イオンを含む水溶液（希酸を含む）が挙げられる。NaClなどの中性塩を利用したイオン溶液として、NaイオンやClイオンなどの元素イオンを含む水溶液が挙げられる。

[0058] RF電池1では、上述のように活物質を含む硫酸溶液などを電解液に利用する。そこで、イオン溶液として、蓄電池が備える電解液中のイオンと共通するイオンを含むものを利用できる。例えば、電解液が硫酸溶液の場合、イオン溶液として硫酸溶液を利用できる。共通するイオンを含むイオン溶液を用いると、電池反応時におけるイオンの物質輸送挙動と測定時におけるイオンの物質輸送挙動とが近似して、静電容量と電荷移動抵抗率との相関性が高まると考えられる。

[0059] ・試料

実施形態1の電極の特性評価方法は、破壊試験であるBET法とは異なり、非破壊試験である。そのため、蓄電池に組み付ける前の電極は勿論、充放電を行った蓄電池から取り出した電極、蓄電池に組み付けられた状態の電極を試料にすることができる。充放電を行った蓄電池から取り出した電極は、電解液に含浸されていたことで、活物質イオンが付着していることがあるため、洗浄液を用いて洗浄するとよい。洗浄液には、純水などの水、測定に利用するイオン溶液などを利用できる。蓄電池に組み付けられた状態の電極も電解液に含浸されているため、活物質イオンが付着していることがある。例えば、タンク106, 107内の電解液を洗浄液に入れ替えて、洗浄液を循環供給して電極を洗浄した後、活物質を含み得る洗浄液を清浄なイオン溶液に入れ替えるとよい。

[0060] ・測定装置

静電容量の測定には、例えば、サイクリックボルタンメトリー、交流インピーダンス法、充放電試験などを利用できる。静電容量の測定には、公知の測定装置を利用できる。充放電試験を利用する場合には、例えば、定電流で充放電を行って時間と正極と負極間の電圧との相関をとり（時間－電圧曲線をとり）、この曲線から静電容量を求められる。

[0061] ・評価方法

測定した静電容量の大小に基づいて、試料とした電極の特性の良否を判定する。静電容量が大きい電極は、上述のように電荷移動抵抗率が低く、RF電池1などの蓄電池に組み付けた場合に内部抵抗が小さく、電池反応性に優れた蓄電池を構築できる。従って、測定した静電容量が所定の閾値（所定の静電容量）より大きければ、特性が優れる電極（良品）と判定する。この閾値は、例えば、 0.01 F/g とすることができ、この場合、測定した静電容量が 0.01 F/g 超か 0.01 F/g 以下かで電極の良否を判定することができる。測定した静電容量が所定の閾値以上であれば、特性が優れる電極（良品）と判定してもよい。閾値は、 0.06 F/g 、 2 mF/cm^2 、などとしてもよい。

電極の良否判定を行う判定装置と電極の静電容量を測定する測定装置を備えることにより、電極の良否を自動的に判定する装置（構成）とすることができる。判定装置は、測定装置に接続され、又は測定装置に内蔵されている。判定装置は、例えば、測定したデータが入力される入力部と、閾値などを記憶する記憶部と、記憶部から呼び出した閾値と入力データとを比較して良否を判定する判定部とを備える。判定装置には、コンピューターなどを利用できる。

[0062] ・用途

実施形態1の電極の特性評価方法は、例えば、以下の場合に利用できる。

(1) RF電池などの蓄電池の設計・開発などに際して、組み付ける前の電極の特性を確認する場合。

(2) RF電池などの蓄電池の設計・開発などに際して、充放電試験を行って特性が低下するなどの不具合が生じた際に電極が不具合の原因か否かを判別する場合。

(3) RF電池などの蓄電池のメンテナンス要否などの判断に利用する場合。例えば、RF電池などの蓄電池の電極の静電容量を定期的に測定し、静電容量の変動状況を確認する。蓄電池の運転時、電極にイオンや析出物などが付着したり、電極が破れるなどの損傷を受けたりするなどにより、静電容量が経時的に低下する可能性がある。すると、この静電容量の低下を電極の劣化とみなすことができるので、電極の交換や洗浄などを行うメンテナンスが必要か否かの判断に前記電極の特性評価方法を利用できる。

[0063] (特性評価方法の効果)

実施形態1の電極の特性評価方法は非破壊試験であるため、電極の特性評価を簡便に行える。さらに、実施形態1の電極の特性評価方法では、性能パラメータ（ここでは静電容量）の測定にイオン溶液を用いるため、予めイオンが付着した電極を試料とした場合でも高精度に性能パラメータを測定できる。また、実施形態1の電極の特性評価方法を利用すれば、電極の特性の良否を容易に判定できることから、この特性評価方法は、内部抵抗が小さく、

電池反応性に優れるRF電池などの蓄電池の構築に寄与すると期待される。

[0064] [試験例1]

種々の多孔体から構成される電極を用意して、静電容量と電荷移動抵抗とを調べた。

[0065] この試験では、電極として以下のカーボンフェルトとカーボンペーパーとを用意した。

カーボンフェルトを用いた試料No. 1-1~1-7ではいずれも、密度は 0.1 g/cm^3 以上 1.5 g/cm^3 以下、目付量は 70 g/m^2 以上 300 g/m^2 以下、厚さは 0.3 mm 以上 1.5 mm 以下（後述のRF電池に組付ける前の厚さ）を満たす。

カーボンペーパーを用いた試料No. 2-1~2-3ではいずれも、密度は 0.2 g/cm^3 以上 0.5 g/cm^3 以下、目付量は 70 g/m^2 以上 200 g/m^2 以下、厚さは 0.2 mm 以上 0.5 mm 以下（後述のRF電池に組付ける前の厚さ）を満たす。

[0066] この試験では、用意した各試料の電極を用いて単一の電池セルを備えるRF電池を構築した。フレームアッシーにおける枠体の段差は、カーボンフェルトを用いた試料No. 1-1~1-7ではいずれも 0.4 mm とし、カーボンペーパーを用いた試料No. 2-1~2-3ではいずれも 0.3 mm とした。

[0067] そして、イオン溶液として6M（6モル濃度）の硫酸水溶液を用意し、構築したRF電池の電池セルにイオン溶液を供給して、電極がイオン溶液（6M硫酸）に浸漬された状態を維持して、サイクリックボルタンメトリーによって電極の静電容量（ mF/cm^2 ）を測定した。静電容量の測定には、市販の測定装置を利用して、二極系で行った。電圧の掃引範囲は -0.2 V から 0.2 V 、掃引速度は 10 mV/秒 とした。測定結果（ mF/cm^2 ）を表1に示す。また、表1に、 F/g への換算値を示す。更に、この試験では、試料No. 1-1の電荷移動抵抗率を基準値とし、各試料の電荷移動抵抗率の基準値に対する相対値（各試料の電荷移動抵抗率/基準値）も表1に示す。

[0068] 静電容量を測定した後、RF電池の電池セルに、イオン液体に代えてV系電解液を供給して、交流インピーダンス法によって、電荷移動抵抗率 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) を測定した。電荷移動抵抗率の測定には、市販の測定装置を利用して、開回路電圧として行った。電圧振幅は10mV、測定周波数範囲は10kHzから10mHzとした。測定結果を表1及び図1、図2に示す。図2は、試料No. 1-1~1-6, 2-1, 2-2の結果を抜粋して示す。図1、図2のグラフの横軸は静電容量 (mF / cm^2)、縦軸は電荷移動抵抗率 (相対値) を示す。

[0069] なお、この試験では、同じ電極を用いて、静電容量の測定、電荷移動抵抗率の測定の順で行ったが、測定順序を入れ替えてもよい。測定順序を入れ替えた場合には、上述のようにV系電解液が含浸した電極を洗浄してから静電容量を測定するとよい。また、静電容量測定用の電極と、電荷移動抵抗率測定用の電極とを用意して、それぞれ別個に測定することもできる。

[0070] 作製した単一の電池セルを備えるRF電池の内部抵抗を測定した。その結果を表1に示す。この試験では、電荷移動抵抗率の測定に用いたV系電解液を電池セルに供給して、一定の電流密度 ($70 \text{ A} / \text{cm}^2$) の電流を印加し、所定時間経過後のセル電圧と、このときの電流値とを用いて内部抵抗を求めた。

[0071] [表1]

試料 No.	静電容量		電荷移動抵抗率		内部抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$
	F/g	mF/cm ²	$\Omega \cdot \text{cm}^2$	相対値	
1-1	0.16	1.5	2.47	(基準)1.00	3.12
1-2	0.29	2.5	0.68	0.27	1.23
1-3	0.23	4.0	0.59	0.24	1.16
1-4	0.19	4.8	0.52	0.21	1.12
1-5	0.30	5.9	0.41	0.17	0.99
1-6	1.1	17.5	0.22	0.09	0.85
1-7	1.4	34.4	0.24	0.10	0.90
2-1	0.24	2.0	2.15	0.87	3.81
2-2	0.64	6.1	0.69	0.28	1.90
2-3	11	129.3	0.24	0.10	0.92

[0072] 表1に示されるように、試料No. 1-1, 2-1の電荷移動抵抗率はい

ずれも、 $2.5 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であるが、 $2 \Omega \cdot \text{cm}^2$ を超えている。試料No. 1-2~1-7, 2-2, 2-3の電荷移動抵抗率はいずれも、 $1 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であり、より低い。特に、試料No. 1-5~1-7, 2-3の電荷移動抵抗率は $0.5 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 未満であり、更に低い。

[0073] 表1及び図1, 図2に示されるように、電極の静電容量が大きくなるほど電荷移動抵抗率が低くなる傾向にあることが分かる。図2に詳細に示されるように、静電容量が $2 \text{mF} / \text{cm}^2$ 超では、電荷移動抵抗率が大幅に低下することが分かる。

[0074] カーボンフェルトを用いた試料No. 1-2~1-7では、静電容量が $2 \text{mF} / \text{cm}^2$ 超であり、更に $2.5 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上である。静電容量が $2.5 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上である試料No. 1-2~1-4の電荷移動抵抗率は、試料No. 1-1の電荷移動抵抗率の $1/4$ 程度以下になっている。静電容量が $5 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上である試料No. 1-5の電荷移動抵抗率は、試料No. 1-1の電荷移動抵抗率の $1/5$ 程度以下になっている。更に、静電容量が $15 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上である試料No. 1-6, 1-7の電荷移動抵抗率は、試料No. 1-1の電荷移動抵抗率の $1/10$ 程度以下になっている。したがって、試料No. 1-2~1-7では、電荷移動抵抗率がより低いことが分かる。

また、試料No. 1-2~1-7の結果から、 $0.25 \text{F} / \text{g}$ 以上、更に $0.3 \text{F} / \text{g}$ 以上、更には $1.0 \text{F} / \text{g}$ 以上であると電荷移動抵抗率はより低いことがわかる。

[0075] カーボンペーパーを用いた試料No. 2-2, 2-3では、静電容量が $2 \text{mF} / \text{cm}^2$ 超であり、更に $5 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上である。静電容量が $5 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上であるNo. 2-2の電荷移動抵抗率は、試料No. 1-1の電荷移動抵抗率の $1/4$ 程度以下である。更に、静電容量が $100 \text{mF} / \text{cm}^2$ 以上であるNo. 2-2の電荷移動抵抗率は、試料No. 1-1の電荷移動抵抗率の $1/10$ 程度以下になっている。試料No. 2-2, 2-3では、電荷移動抵抗率がより低いことが分かる。

また、試料No. 2-2, 2-3の結果から、 0.25 F/g 以上、 0.5 F/g 以上、更に 1.0 F/g 以上であると電荷移動抵抗率がより低いことがわかる。

[0076] また、この試験では、試料No. 1-6, 1-7, 2-3の結果から、静電容量がある程度大きくなると、電荷移動抵抗率が一定の値に収束する傾向にあることが分かる。静電容量が大きいほど電荷移動抵抗率を低減できるものの、ある程度大きな値以上、例えば、 17 mF/cm^2 以上又は 40 mF/cm^2 以上では、電荷移動抵抗率は十分に低くなり、ほぼ一定の値に収束すると考えられる。また、例えば、静電容量が 1.1 F/g 以上又は 1.5 F/g 以上では、電荷移動抵抗率は十分に低くなり、ほぼ一定の値に収束すると考えられる。

[0077] そして、表1に示されるように、電極の静電容量がより大きく電荷移動抵抗率がより低い試料No. 1-2~1-7, 2-2, 2-3の電極を用いたRF電池はいずれも、内部抵抗がより低く、 $2\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下、更に $1.5\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である。内部抵抗が $1.0\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下の試料もある。このように内部抵抗がより低い試料No. 1-2~1-7, 2-2, 2-3の電極を用いたRF電池はいずれも、電池反応性に優れるといえる。

この試験では、試料No. 1-1, 2-1の電極を用いたRF電池の内部抵抗はいずれも、 $4\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であるが、 $3\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 超である。

[0078] 更に、この試験結果から、電極の目付量や密度、材質などによって、静電容量が変化し得ることが分かる。このことから、静電容量が 0.01 F/g 超、好ましくは 0.06 F/g 以上、更に 0.1 F/g 以上の電極であれば、電荷移動抵抗率が低く、内部抵抗が小さく、電池反応性に優れる蓄電池を構築できると期待される。

[0079] このような結果が得られた原因を探るべく、静電容量が異なる種々の電極（ここではカーボンフェルト）を用意して、BET法により比表面積を調べた。ここでは、試料ごとに、静電容量の測定用電極と、比表面積の測定用電極とを用意した。静電容量は、上述と同様に6M硫酸を用いてサイクリック

ボルタンメトリーによって測定した。比表面積は、窒素ガス吸着を利用した市販の比表面積測定装置を利用して測定した。その結果、静電容量が大きい場合に比表面積が大きいものがあることを見出した。例えば、静電容量が10 F/g程度の電極では比表面積が200 m²/g程度を満たすものがあった。従って、静電容量が大きな電極を用いることで、内部抵抗が小さく、電池反応性に優れるRF電池などの蓄電池を構築できた理由の一つとして、この電極は、比表面積が大きいことが考えられる。

[0080] 以上のことから、静電容量を電池の特性の良否判定に利用できることが示された。また、静電容量が大きい電極を用いることで、内部抵抗が低く、電池反応性に優れるRF電池などの蓄電池を構築できることが示された。

[0081] 本発明は、これらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。例えば、試験例1では、V系電解液を用いたが、Ti-Mn系電解液、Fe-Cr系電解液、その他の電解液を用いてもよい。また、試験例1では、電極としてカーボンフェルト、カーボンペーパーを用いたが、カーボクロス、炭素発泡体などを用いてもよい。

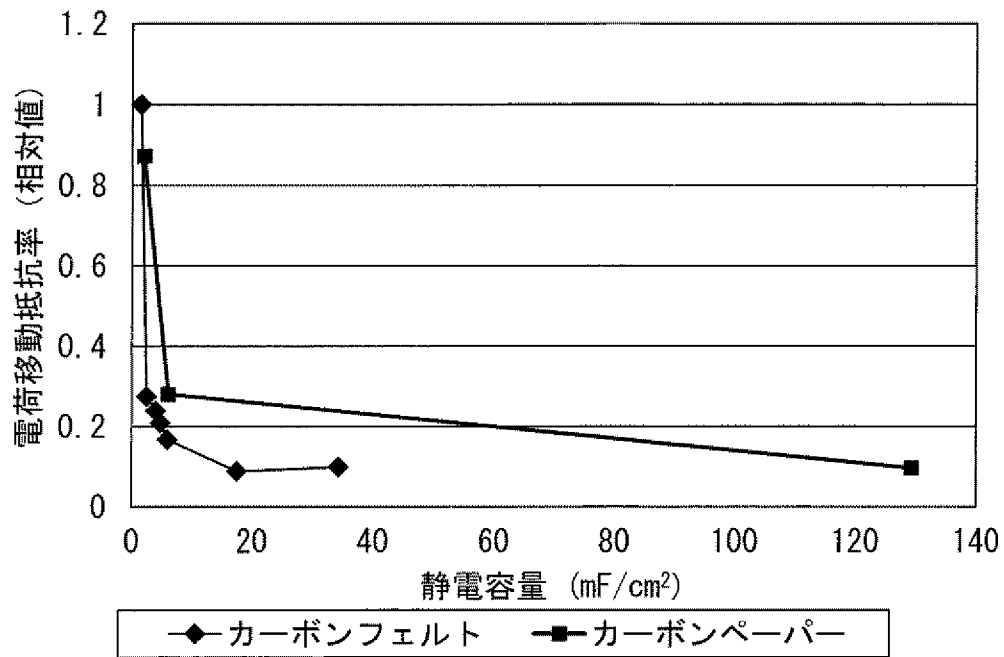
符号の説明

- [0082] 1 レドックスフロー電池 (RF電池)
 10 レドックスフロー電池 (RF電池) 用電極
 10c 正極電極 10a 負極電極 11 隔膜 12 双極板
 100 電池セル
 15 フレームアッシー 150 枠体
 152c, 152a 給液孔 154c, 154a 排液孔
 170 エンドプレート 172 連結部材
 106 正極タンク 107 負極タンク 108~111 配管
 112, 113 ポンプ
 200 交流/直流変換器 210 変電設備 300 発電部
 400 負荷

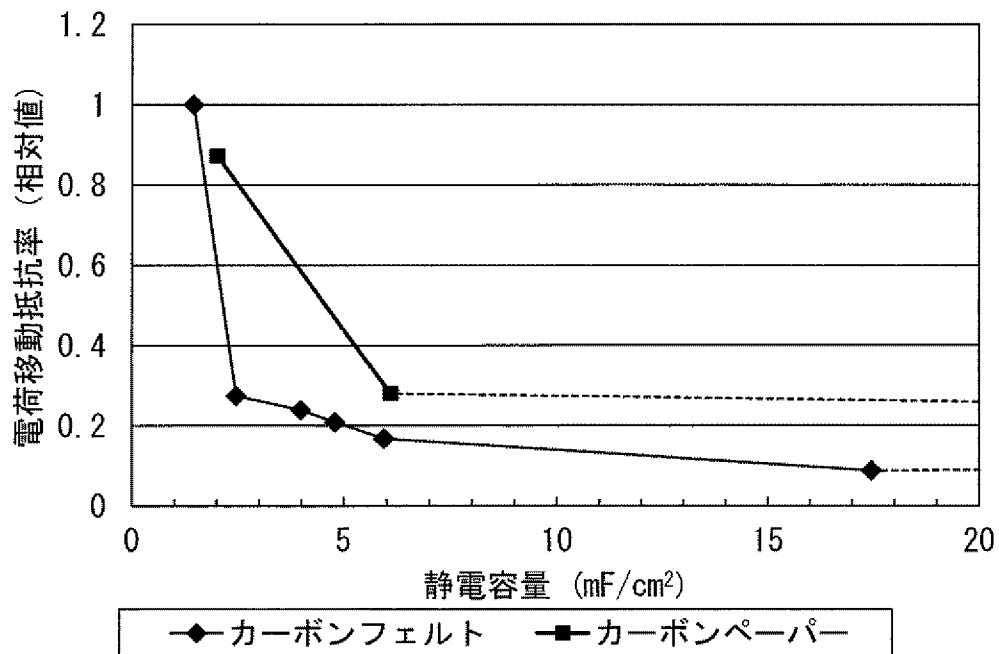
請求の範囲

- [請求項1] 活物質を含む電解液を備える蓄電池に利用される電極の特性を評価する電極の特性評価方法であって、
活物質を含まないイオン溶液に試料とする電極を浸漬して、前記試料の静電容量を測定する工程を備える電極の特性評価方法。
- [請求項2] 活物質を含む電解液を用いて電池反応を行うレドックスフロー電池に用いられるレドックスフロー電池用電極であって、
静電容量が 0.01 F/g 超であるレドックスフロー電池用電極。
- [請求項3] 電荷移動抵抗率が $1\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下である請求項2に記載のレドックスフロー電池用電極。
- [請求項4] 密度が 0.05 g/cm^3 以上 1.5 g/cm^3 以下である請求項2又は請求項3に記載のレドックスフロー電池用電極。
- [請求項5] 目付量が 50 g/m^2 以上 300 g/m^2 以下である請求項2～請求項4のいずれか1項に記載のレドックスフロー電池用電極。
- [請求項6] 請求項2～請求項5のいずれか1項に記載のレドックスフロー電池用電極を備えるレドックスフロー電池。
- [請求項7] 前記レドックスフロー電池用電極が配置される双極板と、前記双極板の外周に形成される枠体を備えるフレームアッシーを備え、
前記枠体の段差が 0.2 mm 以上 1.0 mm 以下である請求項6に記載のレドックスフロー電池。

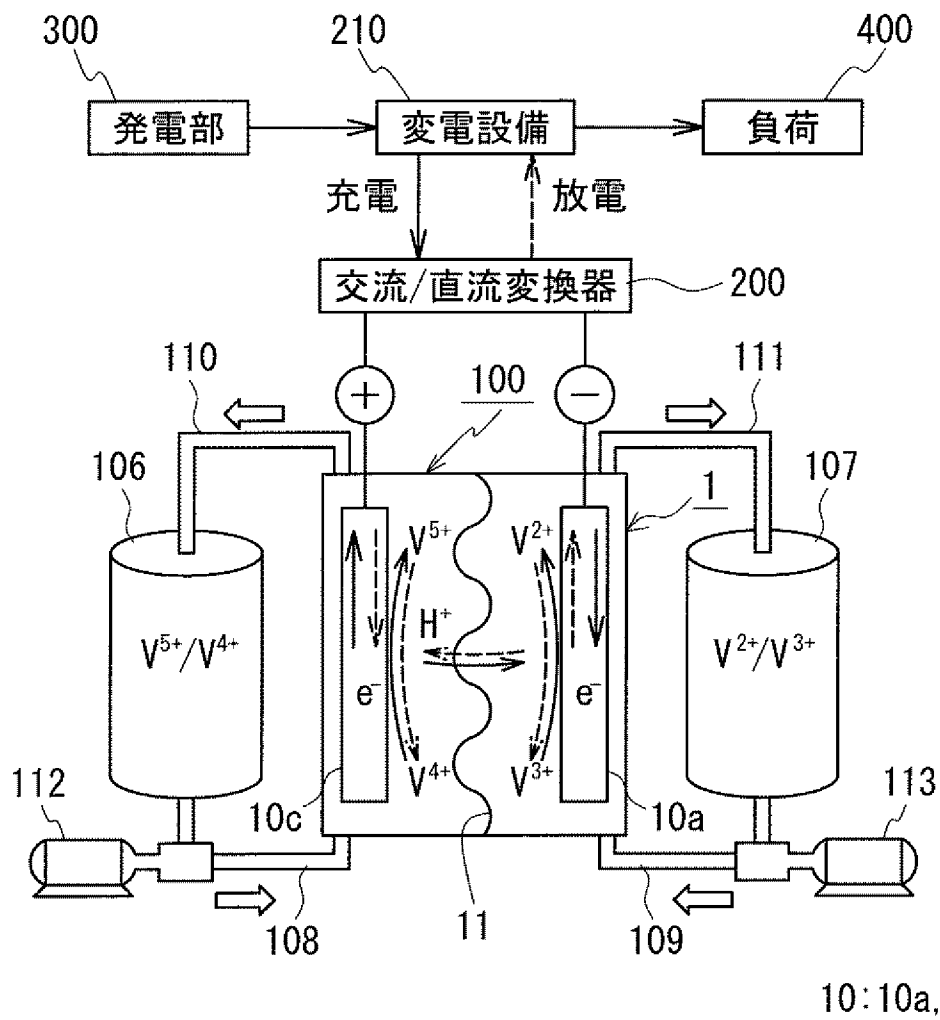
[図1]



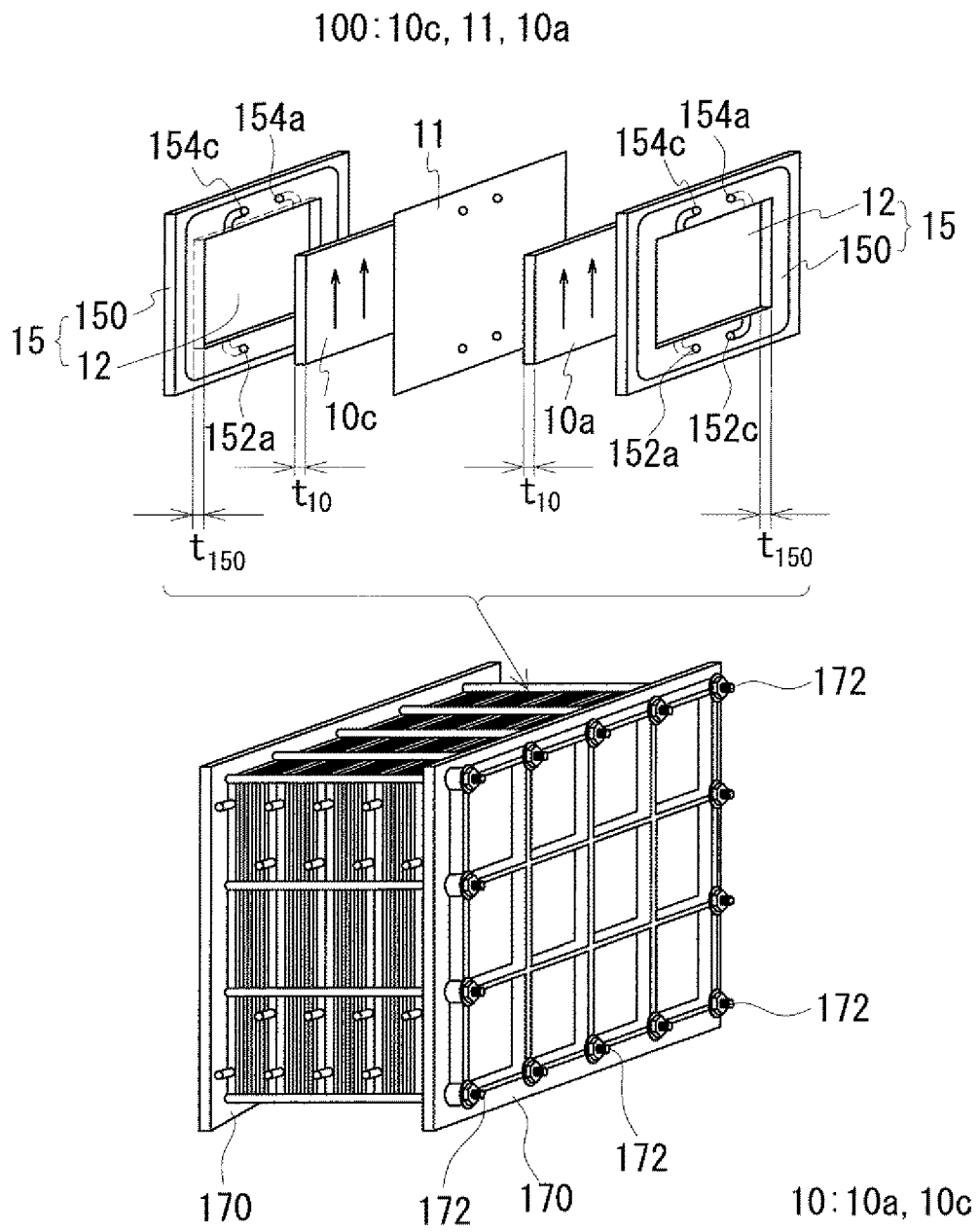
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/069784

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M4/86(2006.01)i, H01M8/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01M4/86, H01M8/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-138685 A (Kashima Kita Electric Power Corp.), 31 May 1996 (31.05.1996), (Family: none)	1-7
A	JP 2005-158409 A (Toyobo Co., Ltd.), 16 June 2005 (16.06.2005), (Family: none)	1-7
A	JP 2014-29035 A (Toho Tenax Co., Ltd.), 13 February 2014 (13.02.2014), (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 25 August 2016 (25.08.16)	Date of mailing of the international search report 06 September 2016 (06.09.16)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01M4/86(2006.01)i, H01M8/18(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01M4/86, H01M8/18			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 8-138685 A（鹿島北共同発電株式会社）1996.05.31, （ファミリーなし）	1-7	
A	JP 2005-158409 A（東洋紡績株式会社）2005.06.16, （ファミリーなし）	1-7	
A	JP 2014-29035 A（東邦テナックス株式会社）2014.02.13, （ファミリーなし）	1-7	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。	
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 25.08.2016		国際調査報告の発送日 06.09.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 藤原 敬士	4 X 5 0 7 9
		電話番号 03-3581-1101 内線 3477	